

गुब्बारे की उड़ान को स्थिर करना

अनीश मोकाशी

पूर्णा लर्निंग सेंटर में कक्षा-4 में विज्ञान गतिविधि सत्र के लिए प्रवेश करने पर मैंने सबसे पहले जिन चीज़ों पर ध्यान दिया, उनमें से एक थी विद्यार्थियों की मेज़ों पर रखे गुब्बारे। विद्यार्थियों ने बताया कि उन्होंने अपने शिक्षक के साथ अभी-अभी वायु से सम्बन्धित बातों पर चर्चा की थी। उनमें से एक ने दिखाया कि कैसे वह अपने गुब्बारे से हवा निकलने के दौरान उसके मुँह को दबाकर अजीब-सी आवाज़ें निकाल सकता है। हम सब उसके साथ हँसे।

कई विद्यार्थियों ने बताया कि एक गुब्बारे को फुलाकर, उसके मुँह को बिना बाँधे छोड़ने पर जो कुछ होता है, उसे देखकर वे मुग्ध हो गए थे। जब मैंने उनसे यह वर्णन करने के लिए कहा कि ये गुब्बारे कैसे गति करते हैं, तो बच्चों ने टेढ़े-मेढ़े (squiggle), लहरिया (wiggle) और फड़फड़ाना (flutter) जैसे शब्दों का इस्तेमाल किया। यह पूछे जाने पर कि इन गुब्बारों को चलाता कौन है, एक विद्यार्थी ने कहा कि गुब्बारे के मुँह से निकली हवा ने उसे आगे धकेल दिया।

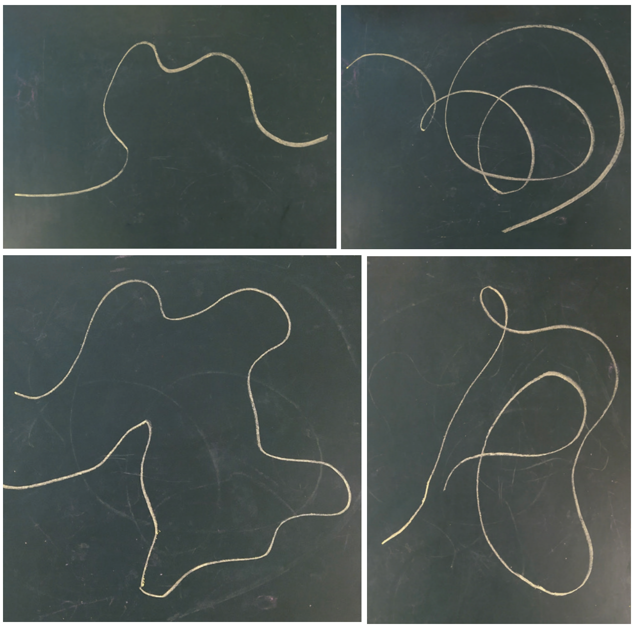
कुछ बच्चों ने यह प्रदर्शित करने की इच्छा जताई कि गुब्बारा कैसे चलता है। हमने उड़ान भरते 7-8 गुब्बारों के पथों का अवलोकन किया। मैंने इन्हें एक-एक करके ब्लैकबोर्ड पर बनाया, ताकि विद्यार्थियों को इन्हें अधिक ध्यान से देखने में मदद मिले (देखें **चित्र-1**)।

हमने देखा कि कैसे गुब्बारे अप्रत्याशित दिशाओं में जाने लगते हैं, गति और दिशा जल्दी-जल्दी और बेतरतीब ढंग से बदलते हैं। मैं ज़ोर से बोला, *"क्या हम गुब्बारे को एक सीधी रेखा में चला सकते हैं?"*

एक विद्यार्थी ने सहजता से एक गुब्बारे के मुँह में एक पेंसिल डाली, उसमें हवा फूँकी और उसे जाने दिया, शायद यह देखने के लिए कि क्या पेंसिल उसे एक सीधी रेखा में चलने को प्रेरित करेगी। जब बाक़ी विद्यार्थी भी अपने विचारों को आज़माने के लिए अपनी-अपनी सीटों से कूद गए, तो मैंने ख़ुद को एक ऐसे वयस्क की सामान्य स्थिति में पाया जो उत्साही और रचनात्मक बच्चों से घिरा हो।

कुछ ही मिनटों के भीतर, विद्यार्थी सहज रूप से समूहों में बँट गए, प्रत्येक समूह में लगभग 3-4 बच्चे थे जो आमतौर पर साथ-साथ रहते थे। कुछ विद्यार्थियों ने गुब्बारे में हवा भरने से पहले उसमें रेत भर दी। लेकिन छोड़ते ही वह सीधे ज़मीन पर गिर पड़ा। इसलिए उन्होंने यह देखने की कोशिश की कि गुब्बारे में से वे कितनी रेत निकाल सकते हैं ताकि वह अभी भी ऊपर उड़ सके, लेकिन सीधा रास्ता अपनाए। एक अन्य समूह ने छोटे कंकड़ों के साथ इसी तरह का प्रयोग किया।

फिर विद्यार्थियों के एक अन्य समूह ने एक गुब्बारे में थोड़ा पानी भर दिया और फिर उसमें हवा फूँक दी। उसे छोड़ने पर, उन्होंने



चित्र-1 : गुब्बारे के पथों का अनुरेखण।
Credits: Anish Mokashi. License: CC-BY-NC.

देखा कि गुब्बारा अपने सामान्य टेढ़े-मेढ़े रास्ते पर नहीं चल रहा था। इसकी बजाय, इसका मुँह एक घेरे में घूमा, बग़ीचे के फ़ुहारे की तरह पानी का छिड़काव करते हुए। आश्चर्य और ख़ुशी की चीखों और शोरगुल के बीच, इसे और ऊँचा उछालना शुरू कर दिया ताकि यह हवा में अधिक समय तक टिका रहे।

जिस विद्यार्थी ने पेंसिल को गुब्बारे में डाला था वह अपने समूह के साथ अन्य चीज़ों से कोशिश कर रहा था। मैंने देखा कि उनका समूह अब चिपकाने वाली टेप से धागे के एक सिरे को गुब्बारे की सतह पर चिपका रहा था। धागे के दूसरे सिरे पर एक पेंसिल बाँध दी, लेकिन पेंसिल गुब्बारे को नीचे की ओर ले जा रही थी और गुब्बारा उड़ान नहीं भर पा रहा था। फिर, उन्होंने पेंसिल की बजाय इरेज़र का उपयोग किया, जिसे वे धीरे-धीरे छोटा करते गए। इन अलग-अलग चीज़ों को आज़माकर ही वे एक ऐसे उपाय तक पहुँच पाए जो गुब्बारे को ज़मीन पर गिराए बिना उसकी उड़ान को सन्तुलित कर सके।

अपने फ़ोन की मदद से मैंने गुब्बारे की उड़ान को सन्तुलित करने के इन प्रयासों के धीमी-गति के वीडियो बनाए। जब मैंने कक्षा के अन्त में इन वीडियो को फिर से चलाया, तो बच्चों ने अपने कुछ विचार और अवलोकन साझा किए (उनमें से सभी विज्ञान से सम्बन्धित नहीं थे)। मैंने इन विचारों को ब्लैकबोर्ड पर समेटने की कोशिश की, अधिकांश समय बच्चों के अपने शब्दों में।

बॉक्स-1 : इन रॉकेट जैसे गुब्बारों की बदलती गति

पिचकते जाने की वजह से इन गुब्बारों का द्रव्यमान कम होता जाता है। यह किसी रॉकेट की गति के समान है जो ईंधन का उपयोग कर रहा है और उसका द्रव्यमान कम हो रहा है। ऐसी स्थिति का वर्णन करने के लिए न्यूटन (Newton) के दूसरे नियम का जो रूप ज़रूरी होता है, वह अधिकांश हाई स्कूल की पाठ्यपुस्तकें में दिए गए रूप से थोड़ा अलग है। इस ज़्यादा सामान्य रूप में, हम इस तथ्य को ध्यान में रखते हैं कि किसी वस्तु का संवेग (momentum) उसके द्रव्यमान में परिवर्तन के कारण भी बदल सकता है और वेग में परिवर्तन के परिणामस्वरूप भी।

मेरा चिन्तन-मनन

मुझे यह दिलचस्प लगा कि बच्चों ने अपने आस-पास उपलब्ध जानी-पहचानी सामग्री का उपयोग करके अपने प्रयोग डिज़ाइन किए। यह भी काफ़ी साफ़ दिख रहा था कि गति को प्रभावित करने वाले कारकों के बारे में बच्चों के अपने विचार थे। काफ़ी सम्भावना है कि वे इन विचारों तक, भौतिक और प्राकृतिक दुनिया में वस्तुओं की गति से जुड़े पूर्व अनुभवों के माध्यम से पहुँचे थे। हालाँकि ये विचार और अवधारणाएँ कभी-कभी कक्षा की बातचीत में प्रकट हुई थीं, लेकिन गुब्बारे की गति के साथ बच्चों द्वारा किए गए ज़्यादातर अन्वेषणों में लिए गए निर्णयों

बॉक्स-2 : न्यूटन के गति के नियम से परिचय

विज्ञान शिक्षा के क्षेत्र में व्यापक शोध से पता चला है कि गति के जड़त्वता की अरस्तूवादी धारणाएँ उन लोगों में भी बनी रहती हैं जिन्होंने हाई स्कूल और स्नातक दोनों स्तरों पर औपचारिक रूप से न्यूटन के गति के नियमों का अध्ययन किया है। उदाहरण के लिए, यह विश्वास कि 'किसी वस्तु को गति में रखने के लिए एक बल की आवश्यकता होती है', या 'किसी वस्तु की चाल बढ़ाने के लिए, ज़्यादा शक्तिशाली बल लगाने की आवश्यकता होती है'। चूँकि ये धारणाएँ भौतिक परिघटनाओं के साथ हमारे दैनिक अनुभवों से काफ़ी सहजता से उभरती हैं, इसलिए इन्हें ठीक करना काफ़ी कठिन होता है। अरस्तू का मानना था कि सभी वस्तुएँ अपने प्राकृतिक स्थान पर जाना चाहती हैं। कोई पत्थर गिरता है क्योंकि वह पृथ्वी तत्व से बना है और इसलिए पृथ्वी का वासी है। इसी तरह बुलबुला हवा का बना होता है, इसलिए वह ऊपर उठता है। गैलीलियो ने इस धारणा पर सवाल उठाया, इसे ग़लत सिद्ध किया और इसकी बजाय तर्क दिया कि जड़त्व सभी भौतिक वस्तुओं की प्राकृतिक प्रवृत्ति होती है। यह न्यूटन का पहला नियम है। विद्यार्थियों को जड़त्व के विचार से परिचित कराने के लिए वैसे ही व्यवस्थित और लगातार प्रयासों की आवश्यकता है जिस तरह से गैलीलियो ने अरस्तू के 'प्राकृतिक गति' के विचार को दुरुस्त किया था और प्रतिस्थापित किया था। ऐसे प्रयास इसलिए भी ज़रूरी हैं ताकि वे किसी वस्तु पर लगाए गए अन्य बलों के प्रभावों के साथ-साथ घर्षण और वायु प्रतिरोध जैसे बलों के प्रभावों को भी देख सकें।

शोध से यह भी पता चला है कि केवल प्रयोग का प्रदर्शन देखना या ख़ुद प्रयोग करना भी इस बात की गारंटी नहीं देते हैं कि विद्यार्थी ऐसी अवधारणाओं की एक सटीक समझ विकसित कर लेंगे जो अक्सर सहजबोध के विरुद्ध होती (ounterintuitive) हैं। इसकी बजाय प्रायोगिक कार्य, विद्यार्थियों के विचारों की अभिव्यक्ति, तर्क-वितर्क और विज्ञान के इतिहास की झलकियों की आवश्यकता है। विद्यार्थियों की प्रतिक्रियाओं के आधार पर इन सबके बीच आगे-पीछे लौटने की भी आवश्यकता है। इस तरह की प्रक्रियाएँ शिक्षकों को सार्थक समझ बनाने के लिए मदद करती हैं।

शायद, गुब्बारे की उड़ान को सन्तुलित करने की यह (और इसी तरह की) चुनौतियाँ प्रस्तुत करना हाई स्कूल के विद्यार्थियों के लिए 'गति' पर एक इकाई शुरू करने का एक प्रभावी तरीक़ा हो सकता है। गति के बारे में विद्यार्थियों के विचारों को जानने के अलावा यह शिक्षकों को ऐसे ठोस अनुभवों को कुछ हद तक अमूर्त, गूढ़ और अन्तिम स्वरूप से जोड़ने में मदद कर सकता है जिसमें न्यूटन के गति के नियम अधिकांश पाठ्यपुस्तकों में दिखाई देते हैं।

और दिशाओं में ये अव्यक्त रूप से ही शामिल होते थे। वैसे, ये विचार उनके द्वारा किए जाने वाले विभिन्न प्रयासों की कुछ हद तक सफलता के लिए पर्याप्त थे। गुब्बारे की उड़ान को स्थिर करने के अपने प्रयासों में, यह सम्भव है कि विद्यार्थियों ने गति के बारे में इस तरह के और भी विचार और धारणाएँ चुनी होंगी, बनाई होंगी।

गति के बारे में विद्यार्थियों की यह पूर्वधारणा अभ्यास के दौरान सबसे अधिक नज़र आती थी कि उन्हें यह विश्वास था कि कोई वस्तु जितनी हल्की होती है, उतनी ही आसानी से वह अपना रास्ता बदल लेती है। यदि यह सच होता, तो किसी-न-किसी तरह गुब्बारे का द्रव्यमान बढ़ाने से, गुब्बारे द्वारा मार्ग बदलने की सम्भावना को कम कर देता (दूसरे शब्दों में गुब्बारा उन कारणों के प्रति कम संवेदनशील हो जाता है जो उसका मार्ग बदल सकते हैं; जैसे उसके मुँह से निकलने वाली हवा की दिशा में बेतरतीब परिवर्तन, गुब्बारे के आकार में अनियमितताओं के कारण वायु प्रतिरोध में विविधता और कमरे में हवा के झोंके)। ऐसा लगता है कि इन्हीं कारणों का विचार करके रेत, पानी और पत्थरों से भरकर या पेंसिल अथवा इरेज़र बाँधकर गुब्बारे की उड़ान को स्थिर करने का प्रयास किया गया। दिलचस्प बात यह है कि यह विचार जहाज़ की गति को सन्तुलित करने के लिए गिट्टी या भार का उपयोग करने के सदियों पुराने विचार जैसा ही है। इस विचार का सम्बन्ध जड़त्व (inertia) के एक पहलू से भी है जो न्यूटन के दूसरे नियम में व्यक्त होता है — किसी दिए गए बल के लिए (यहाँ, गुब्बारे पर उसके मुँह से हवा के निकलने के कारण पैदा प्रतिक्रिया बल), वस्तु का त्वरण (वह दर है जिस पर गुब्बारे के वेग का परिमाण और/या दिशा बदलती है) इसके द्रव्यमान के व्युत्क्रमानुपाती होता है (**बॉक्स-1** देखें)। हालाँकि यह सम्भव नहीं कि इस उम्र के बच्चों के पास त्वरण की सटीक गणितीय समझ होगी, उनके अन्वेषणों की प्रकृति से पता चलता है कि वे जड़त्व और गति के बारे में कुछ सम्बन्धित विचार रखते हैं। उच्च कक्षाओं में न्यूटन के नियमों को प्रस्तुत करते समय इन विचारों को स्वीकार करने और ध्यान से सम्बोधित करने की आवश्यकता है (**बॉक्स-2** देखें)।

अपने विचारों का परीक्षण करने की प्रक्रिया में, विद्यार्थी कभी-कभी अनायास अन्य अप्रत्याशित घटनाओं की पड़ताल भी करने लगे थे। उदाहरण के लिए, वह गुब्बारा जो अन्दर भरी हवा के दबाव के कारण पानी की फुहार छोड़ते हुए चारों ओर घूमता है, या यह तथ्य कि यदि गुब्बारे में बहुत भारी वज़न हो तो इससे पहले कि अन्दर से निकलती हवा उसे ठीक-ठाक क्षैतिज गति दे पाए, वह ज़मीन पर गिर जाता है। इन अन्वेषणों ने प्रयोगों के पहले, दौरान और बाद में कुछ बातचीत को भी उकसाया जिसमें उन्होंने ऐसी घटनाओं के बारे में कुछ विचार सुझाए एवं विकसित किए। ध्यान देने वाली एक और दिलचस्प बात यह है कि कैसे इन अन्वेषणों में सीखने के सामाजिक पहलू व्यवस्थित रूप से उभरते हैं। इनमें से कुछ ने फौरी सहपाठी समूह का रूप ले लिया जिसमें काम करने के अलावा एक-दूसरे से तुलना करने और सीखने की भी गुंजाइश थी। हर बार जब किसी के पास कोई विचार होता, तो वे अपने समूह के अन्य बच्चों को अपनी बात उस वस्तु या सहायक सामग्री (जैसे चिपकने वाला टेप), जिसका वे उपयोग करना चाहते थे, को दिखाते हुए समझाने की कोशिश करते थे। तब अन्य बच्चे अपनी राय और सुझाव व्यक्त करते। जिस तरह से विद्यार्थियों ने अपने सीखने की ज़िम्मेदारी ली, उससे मुझे एक शिक्षक के रूप में ख़ुशी मिली। साथ ही, जिस तरह से विद्यार्थी बौद्धिक रूप से सक्रिय और व्यस्त रहते हुए पूरे 40 मिनट की कक्षा में इधर-उधर घूमते रहे, उसने मुझे शिक्षण-अधिगम को पूरी तरह से दिमागी गतिविधि के रूप में मानने के नुक़सान की ओर इशारा किया, जिसके ख़िलाफ़ रवीन्द्रनाथ टैगोर ने चेताया है। पुनरावलोकन करते हुए, मुझे यह देखना रोमांचक लगता है कि कैसे इस तरह के अनुभव सीमोर पैपर्ट द्वारा निर्माणवाद के विचारों को प्रतिध्वनित करते हैं, जो सुझाते हैं कि सामग्री को स्पर्श करने या वास्तविक रूप से छेड़छाड़ करने से ज्ञान का निर्माण सुगम हो पाता है।

दुनिया भर में, विज्ञान शिक्षण में ऐसे नवाचार हुए हैं जिन्होंने विद्यार्थियों को इंजीनियरिंग डिज़ाइन की चुनौती पर काम करने में शामिल करने के विचार का समर्थन किया है, जैसी कि यहाँ चर्चा की गई है। भारत में भी, मेकर्सस्पेस या टिंकरिंग लैब्स (एक ऐसा स्थान जिसमें वस्तुओं और उपकरणों को बनाने और सृजन के लिए उपकरण और सामग्री जैसे संसाधन उपलब्ध हों) के माध्यम से बच्चों को सीखने में मदद करने के प्रयास किए गए हैं। पूर्णा में प्राथमिक कक्षा के विद्यार्थियों के साथ यह अनुभव, कक्षा के अन्दर भी, ऐसे अभ्यासों की सम्भावना की ओर इशारा करता है। वे केवल निष्क्रिय श्रोता होने की बजाय विद्यार्थियों को उनके सीखने का स्वामित्व लेने के लिए जगह बनाने में मदद करते हैं। वे शिक्षकों को विद्यार्थियों के विचारों को सुनने और उनके काम का दस्तावेज़ीकरण करने का अवसर भी प्रदान करते हैं। साथ ही, यह उन दृष्टिकोणों और उदाहरणों का विस्तार कर सकता है जिनका उपयोग एक शिक्षक विद्यार्थियों के 'किसी परिघटना के अहसास' को स्कूली विज्ञान से अधिक प्रत्यक्ष और साकार अर्थों में जोड़ने के लिए कर सकता है।

आभार : मैं पूर्णा लर्निंग सेंटर के अपने पूर्व सहयोगियों - कल्याणी मेकला, श्रीजा वेलायुधन, ज्योति कृष्णन और अन्य लोगों को उनकी मदद और समर्थन के लिए धन्यवाद देता हूँ। मैं 'माचू पिच्चू' के बच्चों की उस भावना और उत्साह के लिए सराहना करना चाहूँगा जिन्होंने अपने विचारों पर कार्य किया। मैं समीक्षकों को इस लेख के पहले ड्राफ्ट पर उनकी प्रतिक्रिया और सुझावों के लिए धन्यवाद देता हूँ।

Note: Source of the image used in the background of the article title: Jigsaw pieces. Credits: Wounds_and_Cracks, Pixabay.
URL: https://pixabay.com/photos/puzzle-piece-tile-jig-jigsaw-game-3306859/. License: CC0.

References:

1. Wikipedia contributors. Variable-mass system [Internet]. Wikipedia, The Free Encyclopedia; 2022 Oct 7, 22:33 UTC [cited 2022 Oct 30]. *URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Variable-mass_system&oldid=1114717351.*
2. NCERT, Physics Grade XI, Chapter 5, Laws of Motion, Section 5.3: The Law of Inertia. URL: *https://ncert.nic.in/textbook.php?keph1=5-8.*
3. Gurinder Singh, Rafikh Shaikh, & Karen Haydock (2019). Understanding student questioning. Cultural Studies of Science Education, Volume 14, pages 643–697. URL: *https://link.springer.com/article/10.1007/s11422-018-9866-0*.
4. Rabindranath Tagore & L K Elmhirst (1961). 'The Role of Movement in Education' in Rabindranath Tagore, Pioneer in Education: Essays and Exchanges Between Rabindranath Tagore and L. K. Elmhirst. John Murray Publishers, London, UK. *URL: https://www.arvindguptatoys.com/arvindgupta/tagore.pdf*.
5. Seymour Papert and Idit Harel (1991). 'Situating Constructionism' in Constructionism. Ablex Publishing Corporation, New York City, US. *URL: https://web.media.mit.edu/~calla/web_comunidad/Reading-En/situating_constructionism.pdf.*
6. Pramod Maithil (2019). T-LAB: Dream yard for happiness. Learning Curve (4), pages. 49-52. URL: *http://publications.azimpremjifoundation.org/2068/*.



अनीश मोकाशी अज़ीम प्रेमजी विश्वविद्यालय, बेंगलूरु में भौतिकी और शिक्षक-शिक्षा समूहों के साथ काम करते हैं। उनकी पृष्ठभूमि प्रायोगिक भौतिकी से है और वे विज्ञान शिक्षा में काम करते हैं। अनीश ने पहले भारतीय विज्ञान संस्थान (IISc) बेंगलूरु में स्नातक विद्यार्थियों को और पूर्णा लर्निंग सेंटर, बेंगलूरु में स्कूल के विद्यार्थियों को पढ़ाया है; विज्ञान शिक्षक-शिक्षा पर एकलव्य, भोपाल के साथ काम किया। वे विज्ञान सीखने के सन्दर्भ में करने और सोचने के जुड़ाव में, विद्यार्थियों के विचारों और अर्थ-निर्माण, सीखने-सिखाने की संस्कृति और विज्ञान के इतिहास में रुचि रखते हैं।

अनुवाद : अनु गुप्ता **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय